

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Penjelasan Umum

Pada penelitian ini, penurunan kadar logam timbal sintetis dilakukan dengan menggunakan daun matoa. Pengujian kemampuan adsorpsi daun matoa dilakukan dengan sistem *batch* dalam skala laboratorium di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Larutan Pb sintetis ini dipilih karena jika digunakan limbah yang langsung berasal dari industri tekstil ataupun berasal dari oli maka dikhawatirkan daya adsorpsi terhadap Pb sebagai objek penelitian tidak akan maksimal karena pada limbah tekstil ataupun oli terdapat kandungan logam selain Pb.

Langkah awal yang dilakukan adalah preparasi serbuk daun matoa yaitu dengan mencuci daun matoa pada air mengalir untuk menghilangkan debu dan pengotor, lalu dijemur dibawah sinar matahari sampai warna kecoklatan, kemudian dioven untuk menghilangkan kadar air pada daun. Setelah benar-benar kering dilakukan penghalusan daun matoa dengan cara diblender hingga berukuran 100 mesh untuk mendapatkan luas permukaan adsorben yang lebih besar. Setelah semua proses tersebut selesai, akan dilakukan dua perlakuan yang berbeda terhadap adsorben tersebut, yaitu sebagian akan diaktivasi secara kimia menggunakan asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) 0,1 M untuk menghilangkan pengotor yang menutup pori-pori adsorben sehingga luas permukaannya bertambah dan diharapkan bisa mengaktifkan gugus fungsi baru untuk membantu penyerapan logam timbal, dan sisanya dibiarkan sampai tahap penghalusan saja (non aktivasi). Perbedaan perlakuan ini diharapkan untuk mengetahui perbedaan daya serap adsorben aktivasi dan non aktivasi terhadap logam timbal.

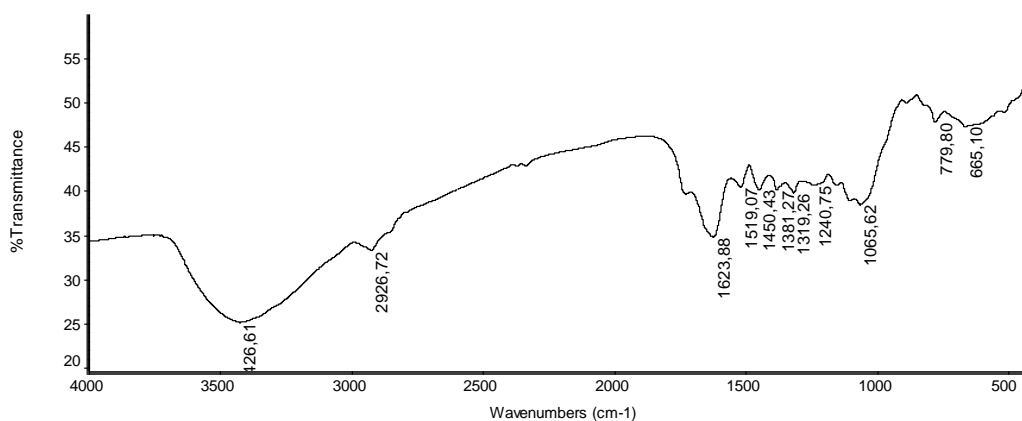
Penelitian ini menggunakan larutan Pb dan alat berupa *orbital shaker* untuk melakukan kontak antara larutan Pb dengan adsorben. Pengujian daya serap adsorben terhadap logam timbal (Pb) akan dilakukan dengan menggunakan alat berupa AAS dengan variasi uji meliputi variasi massa adsorben, pH, waktu kontak, dan konsentrasi logam timbal (Pb).

## 4.2. Karakterisasi Adsorben Daun Matoa

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian karakteristik adsorben dengan menggunakan alat berupa *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) atau spektroskopi inframerah yang bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa, menemukan struktur molekul atau gugus fungsional senyawa yang terkandung pada daun matoa baik yang diaktivasi maupun tanpa aktivasi. Selain itu digunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang menggunakan berkas elektron untuk mengetahui morfologi adsorben sehingga dapat diketahui perbedaan bentuk adsorben teraktivasi maupun adsorben tanpa aktivasi.

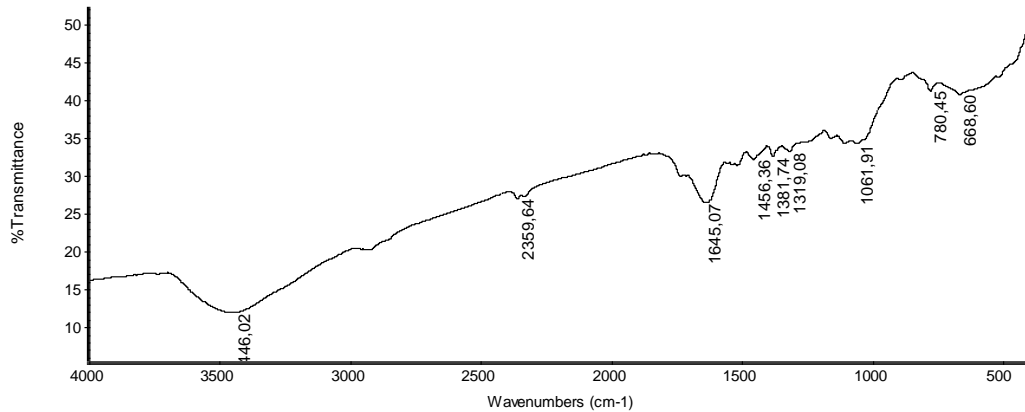
### 4.2.1. Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Analisis gugus fungsional adsorben dilakukan dengan uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Uji FTIR pada adsorben daun matoa diperlukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben. Uji FTIR menunjukkan keberadaan gugus fungsi dengan mempresentasikan melalui *peak* besar serapan spektrum % transmittansi (sumbu Y) yang terbentang pada angka gelombang (sumbu X). Setiap jenis gugus fungsi memiliki bentang angka gelombang tersendiri. Penentuan gugus fungsi dapat ditentukan dengan lokasi *peak* serapan spektrum % transmittansi yang terdapat pada suatu angka gelombang. Gugus fungsi yang diperlukan dalam adsorpsi logam-logam adalah gugus fungsi hidroksil (-OH). Berikut adalah hasil uji FTIR pada adsorben tanpa aktivasi menghasilkan gugus fungsi pada Gambar 4.1.

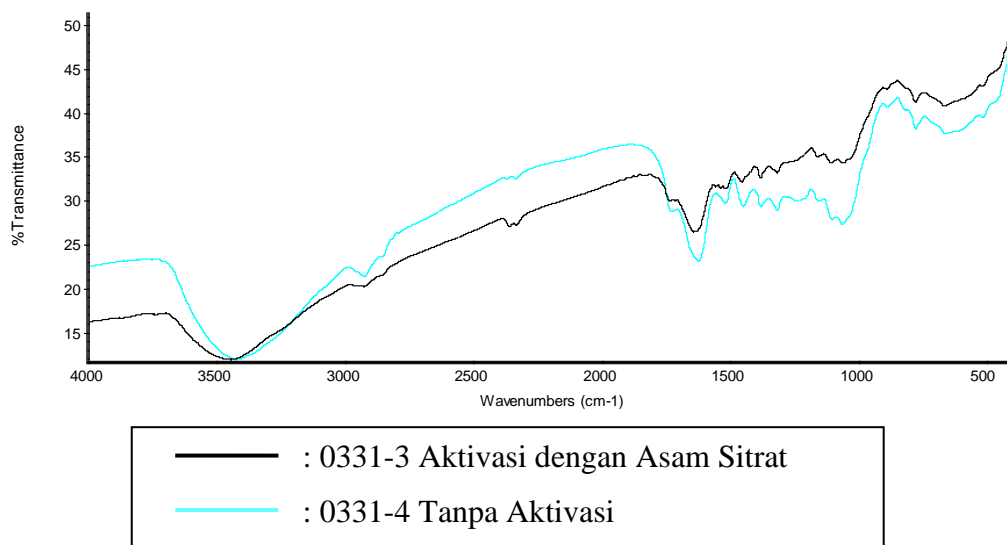


**Gambar 4.1.** Gugus Fungsi Adsorben Daun Matoa Tanpa Aktivasi

Hasil uji FTIR pada adsorben daun matoa teraktivasi menggunakan asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) menghasilkan gugus fungsi pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Gugus Fungsi Adsorben Daun Matoa Teraktivasi  $C_6H_8O_7$



**Gambar 4.3.** Hasil *Overlay* Gugus Fungsi Adsorben Daun Matoa Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi  $C_6H_8O_7$

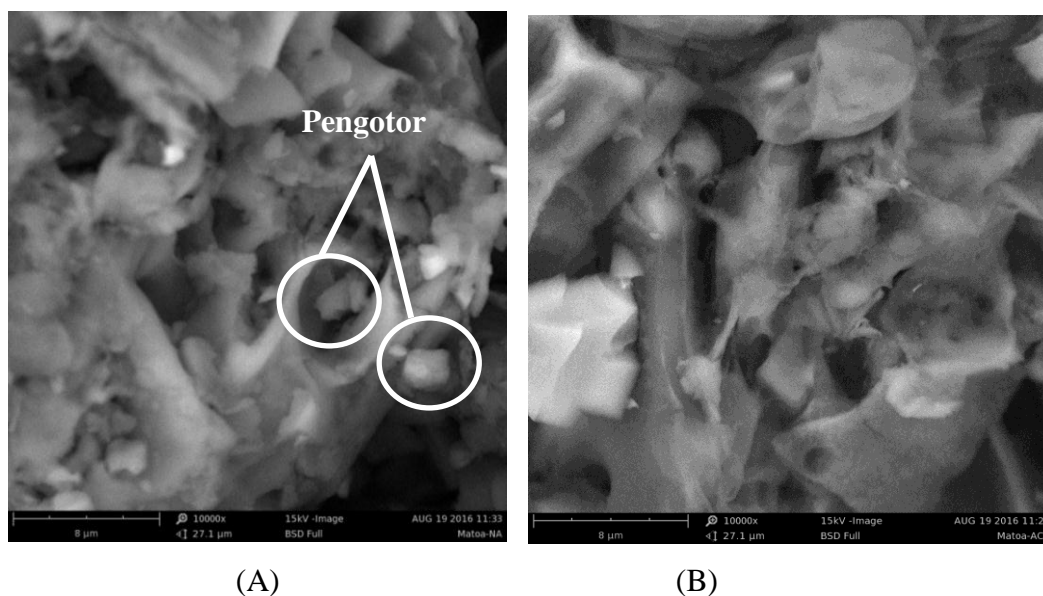
Dari hasil tersebut terlihat adanya perbedaan gugus fungsi antara adsorben sebelum aktivasi dan yang telah teraktivasi asam sitrat. Berdasarkan data FTIR pada daun matoa sebelum diaktivasi menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang  $3426,61\text{ cm}^{-1}$  yang dikategorikan dalam gugus hidroksil ( $-OH$ ) yang kuat, dan gugus keton  $C=O$  dan amina ( $-NH_2$ ) pada  $1623,88\text{ cm}^{-1}$ , yang berfungsi sebagai pengikat logam serta  $CH_2$  alifatik dengan intensitas tajam pada  $1450,43\text{ cm}^{-1}$ . Setelah diaktivasi menunjukkan kenaikan pita serapan gugus –

OH menjadi  $3446,02\text{ cm}^{-1}$ , keton dan amina  $1645,07\text{ cm}^{-1}$ , dan  $\text{CH}_2$  alifatik  $1456,36\text{ cm}^{-1}$ . Selain itu, adanya perubahan dan pengurangan gugus  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_3\text{H}$ , dan gugus  $\text{CH-O-H}$  setelah diaktivasi. Dari hasil tersebut juga banyak terjadi pemecahan dan penghilangan pengotor setelah diaktivasi.

Setelah dianalisa, hasil aktivasi asam sitrat pada daun matoa mengakibatkan pecahnya pengotor-pengotor yang menutup pori-pori adsorben dan meningkatkan jumlah gugus-gugus yang berperan dalam proses adsorpsi sehingga hal ini baik dalam pembukaan pori-pori dan meningkatkan kemampuan adsorben dalam menyerap logam Pb. Selain itu banyaknya gugus-gugus fungsional yang mendukung kemampuan adsorpsi daun matoa membuktikan bahwa daun matoa layak dijadikan adsorben untuk menyerap logam dalam air.

#### **4.2.2. Analisis Morfologi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan Analisis Komposisi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)**

Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) berguna untuk mengobservasi tampak morfologi permukaan dari adsorben sebelum dan sesudah diaktivasi. Sedangkan EDS sendiri berfungsi untuk menganalisis kandungan unsur secara kualitatif maupun kuantitatif terhadap suatu daerah kecil dari permukaan spesimen. Oleh karena itu pemeriksaan dengan SEM digabung dengan EDS akan dapat mengidentifikasi unsur-unsur yang dimiliki oleh fasa yang terlihat pada gambar mikrostruktur. Gambar mikrostruktur daun matoa sebelum dan setelah diaktivasi akan terlihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4.** (A) Mikrostruktur Daun Matoa Tanpa Aktivasi  
(B) Mikrostruktur Daun Matoa Teraktivasi

Dari Gambar 4.4. terlihat bahwa daun matoa sebelum aktivasi banyak pengotor yang menempel pada daun sedangkan daun matoa teraktivasi terlihat lebih bersih dari pengotor sehingga luas permukaan lebih besar dan pori-pori adsorben lebih terbuka, hal tersebut akan meningkatkan kemampuan penyerapan logam dalam proses adsorpsi. Untuk hasil *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Komposisi Unsur pada Daun Matoa tanpa Aktivasi dan Teraktivasi

<b>Daun Matoa Tanpa Aktivasi</b>				
Nomor Unsur	Simbol Unsur	Nama Unsur	Konsentrasi Atom	Eror
6	C	Carbon	17,1 %	0,4
8	O	Oxygen	71,9 %	0,2
14	Si	Silicon	4,9 %	0,3
20	Ca	Calcium	3,7 %	0,4
19	K	Potassium	2,1 %	0,2
51	Sb	Antimony	0,4 %	0,3
<b>Daun Matoa Teraktivasi</b>				
Nomor Unsur	Simbol Unsur	Nama Unsur	Konsentrasi Atom	Eror
6	C	Carbon	25 %	0,4
8	O	Oxygen	68,3 %	0,2
14	Si	Silicon	4,1 %	0,1
20	Ca	Calcium	2,5 %	0,3
52	Te	Tellurium	0,0 %	0,1

Dari Tabel 4.1. dapat dilihat bahwa ada beberapa unsur yang hilang setelah adanya proses aktivasi ini dikarenakan pencucian dengan asam sitrat sehingga ada unsur yang hancur. Kadar oksigen setelah aktivasi mengalami penurunan sebesar 3,6%. Penyebab penurunan kadar oksigen pada adsorben teraktivasi tidak diketahui secara pasti, tetapi kemungkinan besar disebabkan oleh proses pemanasan setelah proses aktivasi dengan suhu di atas 100° C dalam waktu 4 jam sehingga oksigen ikut menguap karena panas yang dihasilkan. Pada adsorben tanpa aktivasi tidak mengalami penurunan karena tidak melalui proses aktivasi sehingga tidak dilakukan pemanasan.

Kadar C pada adsorben daun matoa teraktivasi mengalami peningkatan sebesar 7,9%. Peningkatan ini disebabkan oleh proses aktivasi asam sitrat. Asam sitrat ketika dipanaskan akan menghasilkan anhidrat reaktif yang dapat bereaksi dengan selulosa pada daun matoa dan terjadi reaksi esterifikasi yang akan memasukkan gugus karboksil ke material selulosa pada daun sehingga jumlah gugus karboksil meningkat.

### **4.3. Pengujian Daya Serap Adsorben**

Pada tahap ini, pengujian adsorben teraktivasi dan tanpa aktivasi akan dilakukan menggunakan larutan Pb sintetis yang diambil dari larutan induk 1000 mg/l yang selanjutnya akan diencerkan sesuai dengan besar konsentrasi larutan timbal yang diperlukan pada setiap tahap variasinya. Pengujian dimulai dari variasi massa adsorben, variasi pH larutan, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi larutan uji. Pengujian nilai konsentrasi akan dilakukan secara spektrofotometri menggunakan AAS.

#### **4.3.1. Uji Massa Optimum**

Pada pengujian ini menggunakan variasi massa 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, dan 400. Perlakuan yang sama dilakukan terhadap adsorben teraktivasi maupun adsorben tanpa aktivasi. Larutan yang akan diuji dalam kondisi pH 6, pada proses pengadukan dilakukan pengecekan pH setiap 30 menit sekali untuk menghindari perubahan pH yang akan dikhawatirkan akan mempengaruhi

kemampuan penyerapan adsorben. Setelah proses pengadukan selesai, selanjutnya disaring untuk memisahkan larutan dan adsorben, kemudian sampel di uji dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi logam Pb yang ada pada larutan setelah proses adsorpsi dilakukan.

Dalam penelitian variasi massa adsorben, ada penambahan satu sampel tanpa adanya penambahan adsorben di dalam larutan yang akan menjadi kontrol, namun kondisi sampel yang menjadi kontrol haruslah memiliki kondisi yang sama dengan larutan yang diuji seperti pH, volume larutan, konsentrasi larutan, dan waktu pengadukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah akan terjadi proses pengendapan logam yang akan terjadi akibat adanya proses kimia saat pengadukan, jika terjadi proses pengendapan yang sangat besar maka hal tersebut akan sangat mempengaruhi hasil yang akan diuji artinya proses adsorpsi yang semestinya dilakukan oleh adsorben pada kondisi tersebut jadi tidak bisa maksimal karena logam tidak terserap melainkan mengendap. Hasil uji daya serap adsorben daun matoa terhadap logam Pb dengan variasi massa adsorben dapat dilihat pada Tabel 4.2.

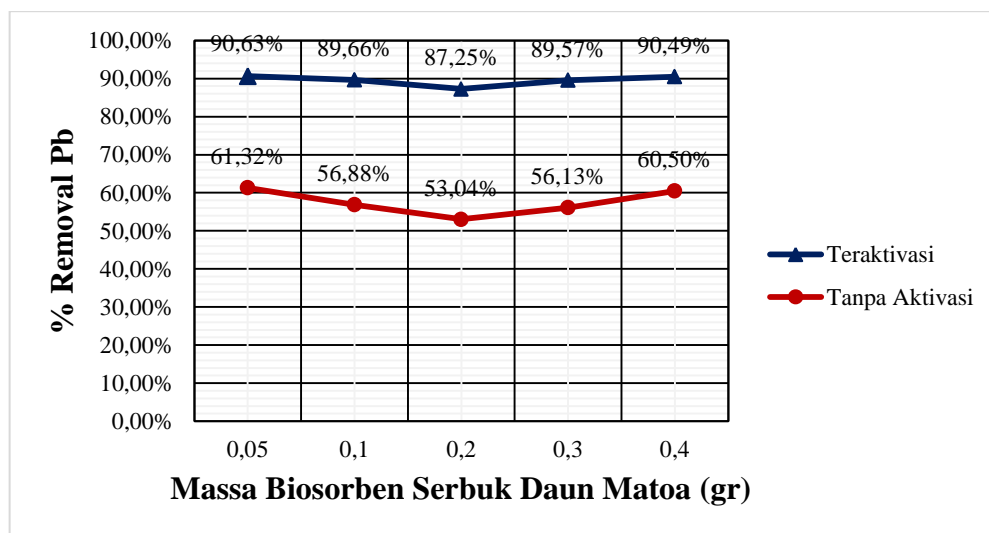
**Tabel 4.2.** Data Uji Daya Serap Adsorben Dengan Variasi Massa

Adsorben Daun Matoa Tanpa Aktivasi Asam Sitrat						
No.	Massa (gram)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	0,05	50,5	19,5	61,32%	6,07	6,05
2	0,1	50,5	21,8	56,88%	6,04	6,05
3	0,2	50,5	23,7	53,04%	6,06	6,02
4	0,3	50,5	22,2	56,13%	6,02	6,06
5	0,4	50,5	20,0	60,50%	6,06	7,07
Adsorben Daun Matoa Teraktivasi Asam Sitrat						
No.	Massa (gram)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	0,05	50,5	4,7	90,63%	6,01	6,02
2	0,1	50,5	5,2	89,66%	6,07	6,07
3	0,2	50,5	6,4	87,25%	6,06	6,04
4	0,3	50,5	5,3	89,57%	6,06	6,01
5	0,4	50,5	4,8	90,49%	6,02	6,03
Kontrol		50,5	29,2	42%	6,07	6,02

Dari tabel tersebut terlihat bahwa hasil kemampuan penyerapan adsorben daun matoa teraktivasi lebih besar dibandingkan dengan adsorben daun matoa

tanpa aktivasi. Pada adsorben teraktivasi mampu melakukan penyerapan hingga 90,63% sedangkan adsorben tanpa aktivasi hanya mampu melakukan penyerapan hingga 61,32% saja. Hal ini disebabkan karena proses aktivasi menggunakan asam sitrat dapat menghilangkan pengotor yang menutup permukaan pori-pori adsorben sehingga pori-pori adsorben lebih terbuka dan kemampuan menyerap logam Pb lebih besar. Dari tabel tersebut juga terlihat bahwa penyerapan sampel kontrol sampai 42% hanya dengan pengadukan saja. Pada proses pengadukan dapat menimbulkan pengendapan pada dasar larutan tersebut. Tetapi kemungkinan besar penurunan kadar Pb sebanyak 42% tidak disebabkan oleh proses pengadukan saja, melainkan juga disebabkan oleh proses penyaringan dengan kertas saring No. 42 dengan pori yang sangat halus. Dalam proses penyaringan sampel kontrol, logam Pb dapat ikut tersaring oleh kertas saring tersebut. Karena jika disebabkan oleh pengadukan saja, proses pengendapan yang terjadi secara kimiawi dalam kondisi ekuilibrium nilainya kecil.

Grafik yang memperlihatkan besar presentase penyerapan logam Pb oleh adsorben daun matoa teraktivasi asam sitrat dibandingkan dengan adsorben tanpa aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5.** Grafik Kemampuan Adsorpsi Logam Pb dengan Variasi Massa Adsorben Daun Matoa



Dari Gambar 4.5. terlihat bahwa garis linear tidak teratur, terlihat dari massa 0,05 sampai 0,2 gram grafik menurun dan naik kembali pada massa adsorben 0,3 sampai 0,4 gram. Penurunan kemampuan adsorpsi ini disebabkan oleh sejumlah serbuk daun matoa yang menutupi situs aktif dengan terbentuknya agregat yang ditandai dengan adanya gumpalan dari adsorben, sehingga area adsorpsi yang efektif berkurang. Hal ini juga mengakibatkan adanya tumpang tindih dari situs adsorpsi yang menyebabkan berkurangnya total luas permukaan adsorben (Nadeem dkk, 2012).

Dari keseluruhan data hasil penelitian uji massa optimum dapat diambil kesimpulan bahwa kemampuan adsorben daun matoa teraktivasi lebih baik dan lebih maksimal dalam menyerap logam Pb dibandingkan dengan adsorben tanpa aktivasi. Pada data hasil penelitian juga terlihat bahwa dengan massa adsorben 0,05 gram saja sudah mampu mereduksi logam Pb sebesar 90,63% untuk adsorben teraktivasi dan 61,32% untuk adsorben tanpa aktivasi, sehingga untuk variasi pH dan selanjutnya digunakan massa adsorben sebesar 0,05 gram.

#### **4.3.2. Uji pH Optimum**

Percobaan pada variasi pH larutan akan menggunakan data hasil percobaan variasi massa, data optimum yang didapat dari variasi massa didapat sebesar 0,05 gram aktivasi maupun tanpa aktivasi. Pada percobaan ini, waktu kontak dan konsentrasi larutan tetap sama seperti sebelumnya yaitu waktu pengadukan selama 120 menit dan konsentrasi larutan 50 ppm sebanyak 50 ml, hanya saja dengan pH larutan yang berbeda.

Variasi pH larutan yang digunakan pada percobaan ini sebesar 3,4,5,6,7 dan 8 serta 1 sampel digunakan sebagai kontrol. Sampel kontrol menggunakan pengaturan pH yang paling tinggi yaitu pH 8, tanpa ada penambahan adsorben untuk melihat apakah terjadi pengendapan pada saat pengadukan. Diambil pH yang paling tinggi karena untuk mengetahui apakah pengendapan yang terjadi pada kondisi pH tinggi nilainya besar atau kecil. Setelah selesai proses pengadukan, larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan

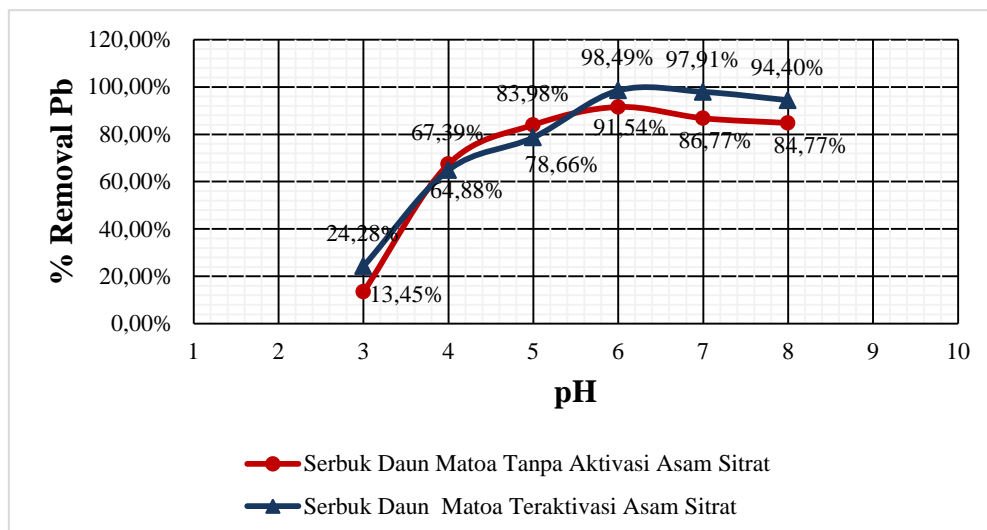
larutan dengan adsorben yang digunakan. Hasil uji daya serap adsorben daun matoa terhadap logam Pb dengan variasi pH dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Data Uji Daya Serap Adsorben Dengan Variasi pH

Adsorben Daun Matoa Tanpa Aktivasi Asam Sitrat							
No.	Massa (gram)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,05	3	3,08	3,09	54,1	46,8	13,45%
2	0,05	4	4,05	4,04	54,1	17,6	67,39%
3	0,05	5	5,05	5,05	54,1	8,7	83,98%
4	0,05	6	6,01	6,03	54,1	4,6	91,54%
5	0,05	7	6,99	6,97	54,1	7,2	86,77%
6	0,05	8	8,06	7,80	54,1	8,2	84,77%
Adsorben Daun Matoa Teraktivasi Asam Sitrat							
No.	Massa (gram)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,05	3	3,00	3,03	54,1	41,0	24,28%
2	0,05	4	4,04	4,05	54,1	19,0	64,88%
3	0,05	5	5,01	5,06	54,1	11,6	78,66%
4	0,05	6	6,02	6,05	54,1	0,8	98,49%
5	0,05	7	7,05	7,26	54,1	1,1	97,91%
6	0,05	8	8,02	7,61	54,1	3,0	94,40%
Kontrol		8	7,99	7,60	54,1	41,4	23,61%

Hasil dari uji coba ini menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan adsorben terhadap logam Pb meningkat pada pH 3 sampai 6, kemudian mengalami penurunan kembali pada pH 7 sampai 8. Pada kondisi pH 3 adsorpsi terhadap ion timbal rendah, hal ini dikarenakan pada pH 3 konsentrasi asam dan mobilitas yang tinggi terhadap ion  $H^+$  yang berikatan dengan Pb menghambat adsorpsi pada adsorben. Pada adsorpsi terprotonasi tidak mampu mengikat timbal karena adanya gaya tolak menolak secara elektrostatik antara Pb yang bermuatan positif dengan kondisi asam yang tinggi. Sehingga hanya sebagian kecil Pb yang mampu terserap pada kondisi asam tinggi. Sedangkan pada kondisi pH yang semakin meningkat, hanya ada sedikit ion  $H^+$  yang terdapat pada larutan, sehingga banyak ion negatif yang berikatan dengan ion timbal (Ong Pick Sheen, 2011). Pada sampel kontrol terlihat hasil penyerapan logam Pb sebanyak 23,61%, hal ini dikarenakan terjadi proses pengendapan saat pengadukan berlangsung. Berbeda dengan sampel kontrol pada uji variasi massa optimum, sampel ini tidak disaring menggunakan

kertas saring setelah proses pengadukan. Dari data pada Tabel 4.3. jika dibuat dalam bentuk grafik maka dapat dilihat pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6.** Grafik Kemampuan Adsorpsi Logam Pb dengan Variasi pH Adsorben Daun Matoa

Dari keseluruhan data di atas dapat diambil kesimpulan bahwa kemampuan adsorben daun matoa teraktivasi lebih baik dan lebih maksimal dalam menyerap logam Pb dibandingkan dengan adsorben tanpa aktivasi. Pada data di atas juga terlihat bahwa kondisi optimum diperoleh pH larutan 6 yang mampu mereduksi logam Pb sebesar 98,49% untuk adsorben teraktivasi dan 91,54% untuk adsorben tanpa aktivasi, sehingga untuk variasi waktu kontak dan selanjutnya digunakan kondisi pH larutan 6.

#### 4.3.3. Uji Waktu Kontak Optimum

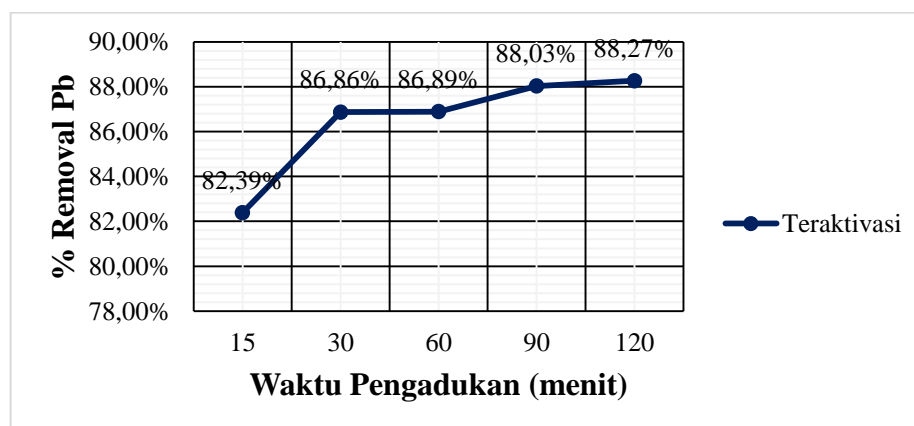
Percobaan dengan variasi waktu kontak ini tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya, tetapi adsorben yang digunakan pada variasi ini hanya menggunakan adsorben yang teraktivasi karena pada penelitian variasi massa dan variasi pH menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan adsorben teraktivasi lebih besar jika dibandingkan dengan adsorben tanpa aktivasi, oleh karena itu pada penelitian variasi waktu kontak dan variasi selanjutnya hanya digunakan adsorben teraktivasi asam sitrat. Percobaan ini menggunakan data dari penelitian

sebelumnya yaitu massa adsorben yang digunakan sebanyak 0,05 gram dan pH yang digunakan adalah pH 6 sesuai kondisi pH optimum yang diperoleh. Variasi waktu kontak ini telah ditentukan dimulai dari 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi penyisihan logam. Penentuan kondisi optimum waktu kontak untuk adsorpsi ion Pb perlu dilakukan agar mendapatkan efisiensi penyisihan Pb yang optimum. Hasil uji daya serap adsorben daun matoa terhadap logam Pb dengan variasi waktu kontak dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** Data Uji Daya Serap Adsorben Dengan Variasi Waktu Kontak

Adsorben Daun Matoa Teraktivasi Asam Sitrat							
No.	Massa (gram)	Waktu (menit)	pH Awal	pH Akhir	C Awal (ppm)	C Akhir (ppm)	% Removal
1	0,05	15	6,07	5,77	46,6	8,2	82,39%
2	0,05	30	5,99	5,45	46,6	6,1	86,86%
3	0,05	60	5,96	5,85	46,6	6,1	86,89%
4	0,05	90	6,03	5,98	46,6	5,6	88,03%
5	0,05	120	6,01	6,68	46,6	5,5	88,27%

Dari data tersebut nilai konsentrasi awal larutan timbal yang didapat yaitu sebesar 46,6 ppm pada setiap sampel yang diuji. Pada penelitian variasi waktu kontak ini tidak menggunakan sampel kontrol. Karena sampel kontrol hanya untuk menentukan adanya endapan logam atau tidak, sehingga hasil sampel kontrol sudah diketahui pada saat uji massa optimum dan pH optimum. Jika data pada Tabel 4.4. dibuat dalam grafik dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7.** Grafik Kemampuan Adsorpsi Logam Pb dengan Variasi Waktu Kontak Adsorben Daun Matoa

Pada Gambar 4.7. memperlihatkan bahwa semakin lama waktu kontak antara adsorben dengan larutan Pb maka semakin besar pula kemampuan menyerap ion Pb tersebut. Pada menit-menit awal pengadukan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi penyisihan Pb secara signifikan pada awal waktu kontak. Hal tersebut disebabkan oleh luas permukaan dari serbuk daun matoa yang besar dan jumlah situs aktif yang tersedia pada permukaan adsorben masih banyak yang belum terisi atau kondisinya belum jenuh sehingga memudahkan Pb untuk berinteraksi dengan adsorben. Setelah 30 menit, jumlah ion Pb yang teradsorpsi terlihat meningkat tetapi tidak signifikan seiring bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan situs aktif pada adsorben sudah terisi penuh oleh Pb.

Kesimpulan yang didapat pada penelitian variasi waktu kontak ini pada waktu ke-120 menit adsorben daun matoa dianggap telah mencapai waktu kontak optimum karena pada waktu tersebut mempunyai kemampuan penyerapan tertinggi. Pada waktu kontak 15 menit adsorben sudah bekerja cukup baik dengan mampu mereduksi logam Pb sebesar 82,39% dari total konsentrasi 50 ppm, namun untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu 120 menit dengan mampu mereduksi logam Pb sebesar 88,27% dari total konsentrasi larutan 50 ppm. Maka waktu kontak optimum yang didapat dalam percobaan ini adalah 120 menit atau 2 jam.

#### **4.3.4. Uji Konsentrasi Larutan Optimum**

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan adsorben dari daun matoa untuk menyerap konsentrasi logam yang cukup besar. Data dari penelitian sebelumnya akan digunakan sebagai kondisi pada percobaan ini seperti massa optimum adsorben 0,05 gram, pH optimum 6, dan waktu kontak optimum 2 jam. Variasi konsentrasi yang digunakan pada percobaan ini sebesar 50, 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm.

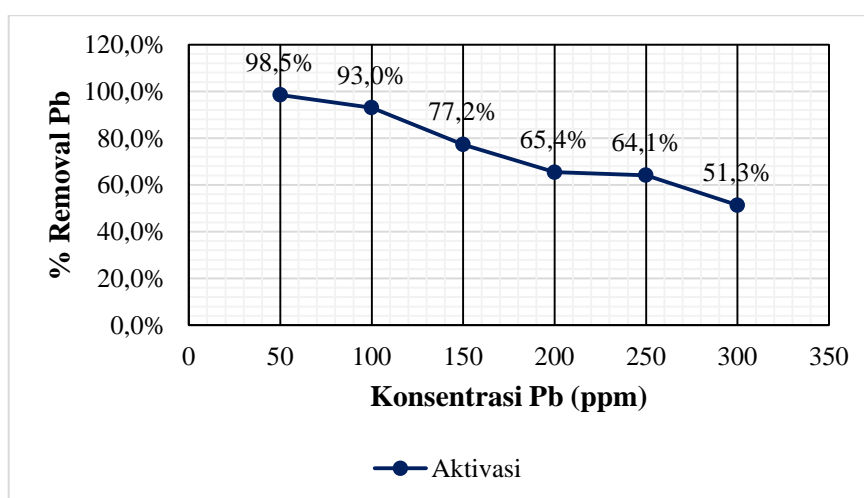
Sama seperti percobaan sebelumnya, sampel diaduk menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm. Setelah selesai proses pengadukan larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan dengan adsorben.

Kemudian masing-masing larutan diencerkan menjadi konsentrasi 10 ppm dan diberi label sesuai variasi konsentrasi yang digunakan. Setiap konsentrasi larutan tersebut harus dibuat larutan konsentrasi awal ( $C_0$ ) dan juga diencerkan menjadi 10 ppm. Pembuatan konsentrasi awal bertujuan untuk mengetahui selisih antara konsentrasi sebelum dan sesudah pengujian agar dapat diketahui nilai persen penyisihannya. Hasil uji daya serap adsorben daun matoa terhadap logam Pb dengan variasi konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5.** Data Uji Daya Serap Adsorben Dengan Variasi Konsentrasi

Adsorben Daun Matoa Teraktivasi Asam Sitrat							
No.	Massa (gram)	C Rencana (ppm)	C Awal (ppm)	C Akhir (ppm)	pH Awal	pH Akhir	% Removal
1	0,05	50	54,1	0,8	6,02	6,05	98,49%
2	0,05	100	105,0	7,4	6,05	5,89	92,98%
3	0,05	150	155,9	35,5	6,00	5,90	77,24%
4	0,05	200	210,4	72,8	6,02	5,83	65,40%
5	0,05	250	253,4	91,0	5,99	5,88	64,10%
6	0,05	300	324,6	158,0	6,05	5,86	51,32%

Pada penelitian variasi konsentrasi larutan ini tidak menggunakan sampel kontrol. Karena sampel kontrol hanya untuk menentukan adanya endapan logam atau tidak, sehingga hasil sampel kontrol sudah diketahui pada saat uji massa optimum dan pH optimum. Jika data pada Tabel 4.5. diatas dibuat dalam grafik dapat dilihat pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8.** Grafik Kemampuan Adsorpsi Logam Pb dengan Variasi Konsentrasi Adsorben Daun Matoa

Dari Gambar 4.8. dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan dengan massa adsorben yang sama yaitu 0,05 gram maka akan semakin kecil ion Pb yang akan terserap oleh adsorben. Itu menunjukkan bahwa adsorben dari daun matoa dengan massa 0,05 gram tidak mampu menyerap larutan logam Pb dengan konsentrasi tinggi, karena situs aktif pada adsorben sudah terisi penuh oleh ion Pb, sehingga dapat dikatakan bahwa dengan massa adsorben 0,05 gram mampu menyerap logam Pb dengan optimal pada konsentrasi larutan 50 ppm.

#### **4.4. Isoterm Adsorpsi**

Isoterm adsorpsi adalah hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada suhu tertentu. Apabila kesetimbangan telah tercapai, maka proses adsorpsi telah selesai (Atkins, 1997). Pada percobaan adsorpsi menggunakan adsorben daun matoa dilakukan pemodelan isoterm dengan model Langmuir dan Freundlich untuk mengetahui kesetimbangan adsorpsi logam Pb. Model langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site (Slamet dan Masduqi, 2000).

##### **4.4.1. Isoterm Langmuir**

Dari data pengujian variasi konsentrasi larutan dapat dihitung nilai dari kemampuan maksimum penyerapan logam dari adsorben daun matoa seperti pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6.** Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorben Model Langmuir

Adsorben Daun Matoa Teraktivasi Asam Sitrat									
C (ppm)	Massa (gram)	V (ml)	Co (ppm)	Ce (ppm)	$\Delta C$ (ppm)	Presentase Penyisihan	Langmuir		
							Qe (mg/g)	1/qe	1/Ce
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	$f=(d-e)$	$g=(f/d)\times 100\%$	$h=(fxc)/b$	$i=1/h$	$j=1/e$
50	0,05	50	54,12	0,82	53,30	98,49	53,30	0,019	1,225
100	0,05	50	105,01	7,37	97,64	92,98	97,64	0,010	0,136
150	0,05	50	155,93	35,49	120,44	77,24	120,44	0,008	0,028
200	0,05	50	210,40	72,80	137,60	65,40	137,60	0,007	0,014
250	0,05	50	253,43	90,97	162,46	64,10	162,46	0,006	0,011
300	0,05	50	324,55	158	166,55	51,32	166,55	0,006	0,006

Keterangan: C = Konsentrasi (ppm)

V = Volume (ml)

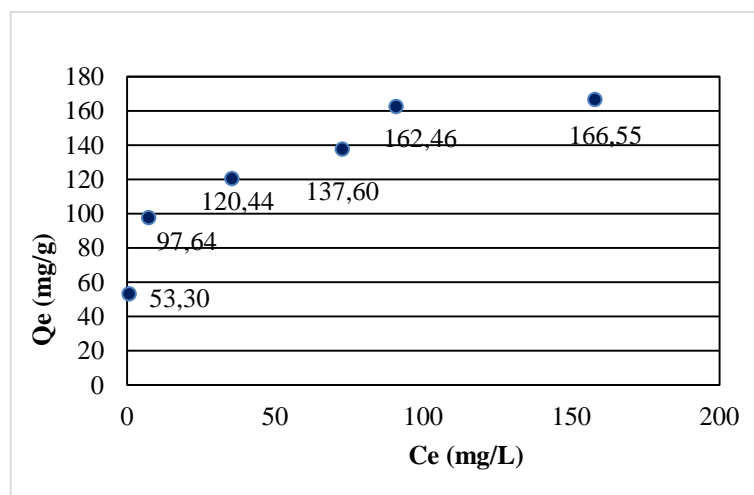
Co = Konsentrasi Awal (ppm)

Ce = Konsentrasi Akhir (ppm)

qe = kemampuan penyerapan (mg/gr)

$\Delta C$  = Selisih konsentrasi (ppm)

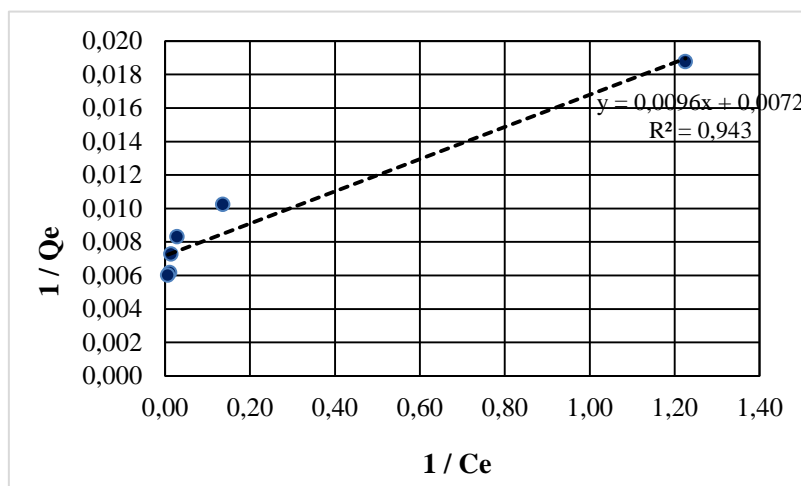
Dari data yang diperoleh dapat diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.9.

**Gambar 4.9.** Grafik Pola Isoterm Langmuir

Gambar 4.9. menunjukkan bentuk tren dari isoterm Langmuir sehingga dapat dinyatakan hasil isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir. Dari perhitungan pada tabel didapatkan nilai  $1/q_e$  dan  $1/C_e$  yang akan diplot untuk



membuat grafik persamaan linear isoterm Langmuir, dimana akan didapat nilai  $R^2$  dari persamaan tersebut yang berguna untuk menentukan model isoterm dari adsorpsi daun matoa terhadap Pb. Grafik persamaan linear dari isoterm Langmuir tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10.** Grafik Persamaan Isoterm Langmuir

Berdasarkan grafik 4.10. diperoleh nilai  $y = 0,0096x + 0,0072$  sehingga konstanta langmuir diperoleh sebesar 0,0072 dengan slope  $R^2 = 0,943$  yang akan digunakan untuk menghitung nilai  $Q_m$  dari adsorben daun matoa yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai  $Q_m$  yang terhitung sebesar:

$$\begin{aligned} Q_m &= 1 / b \\ &= 1 / 0,0072 \\ &= 139,3 \text{ mg/gram} \end{aligned}$$

Artinya, kapasitas maksimum logam Pb yang terserap sebesar 139,3 mg dalam satu gram adsorben daun matoa teraktivasi.

#### 4.4.2. Isoterm Freundlich

Adapun perhitungan dari persamaan pemodelan isoterm Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7.** Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorben Model Freundlich

Adsorben Daun Matoa Teraktivasi Asam Sitrat									
C (ppm)	Massa (gram)	V (ml)	Co (ppm)	Ce (ppm)	$\Delta C$	Presentase Penyisihan $g=(f/d) \times 100\%$	Freundlich		
							Qe (mg/g) $h=(fxc)/b$	log qe $i=\log h$	log Ce $j=\log e$
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	$f=(d-e)$				
50	0,05	50	54,12	0,82	53,30	98,49	53,30	1,73	-0,09
100	0,05	50	105,01	7,37	97,64	92,98	97,64	1,99	0,87
150	0,05	50	155,93	35,49	120,44	77,24	120,44	2,08	1,55
200	0,05	50	210,40	72,80	137,60	65,40	137,60	2,14	1,86
250	0,05	50	253,43	90,97	162,46	64,10	162,46	2,21	1,96
300	0,05	50	324,55	158	166,55	51,32	166,55	2,22	2,20

Keterangan: C = Konsentrasi (ppm)

V = Volume (ml)

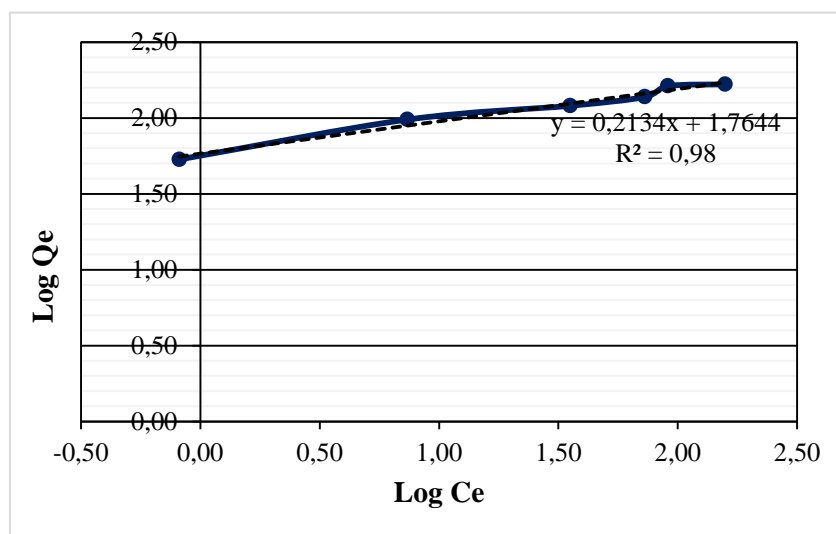
Co = Konsentrasi Awal (ppm)

Ce = Konsentrasi Akhir (ppm)

qe = Kemampuan penyerapan (mg/gr)

$\Delta C$  = Selisih konsentrasi (ppm)

Dari perhitungan pada Tabel 4.7. didapat nilai log qe dan log Ce yang nantinya diplot untuk membuat grafik persamaan linear isoterm Freundlich, dimana akan didapat nilai  $R^2$  dari persamaan tersebut yang berguna untuk menentukan model isoterm dari adsorpsi daun matoa terhadap logam Pb. Grafik persamaan linear dari isoterm Freundlich tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11.

**Gambar 4.11.** Grafik Persamaan Isoterm Freundlich

Dari Gambar 4.11. terdapat persamaan linear isoterm Freundlich dari adsorben daun matoa dengan nilai  $R^2 = 0,98$  dan nilai konstanta Freundlich didapat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8.** Nilai Konstanta Freundlich

1/n	0,213
n	4,686
Ln Kf	1,764
Kf	5,838

Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa kedua pemodelan dengan isoterm Langmuir dan Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi ion logam timbal oleh adsorben daun matoa. Diperoleh persamaan Langmuir  $y=0,0096x + 0,0072$  dan persamaan Freundlich  $y = 0,2134 x + 1,7644$  serta harga konstanta dari kedua persamaan tersebut terlihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9.** Nilai Mekanisme Adsorpsi Isoterm Langmuir dan Freundlich

Isoterm	Konstanta	Harga
Langmuir	Qm	139,3
	b	0,0072
	$R^2$	0,94
Freundlich	n	4,7
	kf	5,8
	$R^2$	0,98

Model persamaan Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan sisi bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap sisi dimana proses adsorpsi di tiap-tiap sisi adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir. Oleh karena itu penentuan daya adsorpsi maksimum daun matoa pada proses penyerapan logam timbal dihitung dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan tunggal zat yang teradsorpsi dari ion logam Pb pada setiap permukaan daun matoa dalam satuan mg ion logam timbal yang teradsorpsi / gram daun matoa. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kemampuan daya serap maksimum adalah 139,3 mg/gram.